DIE KLINIK DER STROMVERLETZUNGEN

MATHIAS DOSCH

1972

AUS DER CHIRURGISCHEN UNIVERSITÄTSKLINIK MÜNCHEN
Direktor: Prof. Dr. R. Zenker

DIE KLINIK DER STROMVERLETZUNGEN

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in
der gesamten Medizin verfaßt und
einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität
zu München

vorgelegt von

M a t h i a s D o s c h

aus Piesteritz

München 1971

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Referent : Priv.Doz.Dr.R.Bedacht

Korreferent : Prof.Dr.Dr.R.Zenker

Dekan : Prof.Dr.W.Spann

Tag der mündlichen Prüfung : 10. 10. 1972.

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Meinen lieben Eltern

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546017_0071

G L I E D E R U N G

I. E I N L E I T U N G
Geschichte

II. Z U S T A N D E K O M M E N E I N E S E L E K T R O U N F A L L E S
A. Physikalische Voraussetzungen
B. Menschliche Faktoren

III. Ä U S S E R E V E R L E T Z U N G E N

IV. I N N E R E V E R L E T Z U N G E N
A. Herz- und Kreislaufschäden
B. Neurologische Erkrankungen nach Elektrounfällen
a) Spinalatrophische Erkrankungen
C. Knochenläsionen
D. Hörstörungen nach Elektrounfall
E. Posttraumatisches Syndrom
F. Intrauteriner Fruchttod nach Elektrounfall der Mutter
G. Erkrankungen, die irrtümlich mit dem Elektrounfall in Zusammenhang gebracht werden.

V. T H E R A P I E
A. Lokalbehandlung
B. Der Schock und seine Bekämpfung

VI. E I G E N E F Ä L L E

VII. Z U S A M M E N F A S S U N G

VIII. L I T E R A T U R V E R Z E I C H N I S

IX. L E B E N S L A U F

Die Expansion der Industrie hat zur Folge, daß die Elektrizität mehr und mehr in unsere Lebensbereiche einzieht. Es gibt heute keinen Betrieb, kein Büro, kein Laboratorium, in denen nicht mit Elektrizität gearbeitet wird. Selbst die Hausfrau hat ihr Arbeitsfeld elektrifiziert oder besser gesagt, sich auf elektrische Haushaltshilfen umgestellt.

Die Elektrifizierung bringt für die Menschheit nicht nur Erleichterung, sondern auch einen völlig eigenständigen, wenn auch im Moment seltenen Unfall mit sich, den Elektrounfall. Die Zahl der schweren elektrischen Unfälle hat sich deshalb vermindert, weil die technischen Allgemeinkenntnisse in der Bevölkerung besser geworden sind, die Elektrogeräte, die im Haushalt Verwendung finden, technisch vervollkommnet sind und die Schutzvorschriften bei der Einrichtung derselben besser eingehalten werden.

Über den ersten tödlichen Elektrounfall wurde 1879 in Frankreich berichtet. Nach LICK ereignen sich in der Bundesrepublik jährlich etwa 450 tödliche Unfälle, die durch Elektrizität zustande gekommen sind.

Die Elektrizitätslehre geht zurück auf die schon im Altertum bekannte Tatsache, daß Bernstein durch Reiben die Fähigkeit erlangt, leichte Körperchen anzuziehen. GILBERT beobachtete etwa um 1600, daß auch andere Körper diese Eigenschaft haben. Von GILBERT stammt auch die Bezeichnung vis electrica, für die Erscheinung des Bernsteins (griech. Elektron). 1663 baute OTTO VON GUERICKE die erste Elektrisiermaschine. 1727 teilte GRAY die Körper erstmals in Leiter und Nichtleiter ein.

DU FAY unterschied um 1773 zwei Elektrizitäten. Er entdeckte die Anziehung zweier verschieden geladener Körper und die Abstoßung zweier gleich geladener. BENJAMIN FRANKLIN bewies endgültig die elektrische Natur des Blitzes und erfand 1749 den Blitzableiter.

Die Elektromedizin beginnt bereits im Jahre 1786 im September, als GALVANI entdeckte, daß sich die Froschschenkel, die er für eine Mahlzeit zum Trocknen am Gitter seines Hauses aufgehängt hatte, im Wind hin und her bewegten und bei jeder Berührung mit dem Metall zuckten, als hätten sie ihr Leben wiedergewonnen. GALVANI wies in seiner Schrift "De viribus electricitatis in motu musculari" 1791 als Ursache der Zuckungen Elektrizität nach.

An diese Entdeckung anschließend begann eine umfassende Erforschung der elektrophysiologischen Erscheinungen. Die stärkste Elektrizitätsentstehung im menschlichen Körper wies 1842 MATEUCCI nach, als es ihm gelang, die Herzaktionsspannung zu messen. Seit dem Ende des 18. Jahrhunderts ist die Verwendung der Elektrizität zu Heilzwecken bekannt.

Die Elektrophysiologie wurde 1848 von DU BOIS-REYMOND begründet. Mit Hilfe der modernen Elektrophysiologie sind wir in der Lage, Zellmembranpotentiale, Aktionsspannungen, die auftreten, wenn eine ruhende Zelle in den Zustand der Erregung übergeht, zu messen. Auch Nerven-, Muskel-, Hirn- und Herzströme können heute aufgezeichnet werden. Die an Zellen gemessenen Spannungen liegen im Bereich von etwa 0,2 mV bei Muskelzellen und 10mV bei Nervenzellen. In dieser Feinelektrik muß demnach eine Einwirkung von grober Elektrizität Veränderungen oder zumindest Störungen verursachen.

II. ZUSTANDEKOMMEN EINES ELEKTROUNFALLES

A. Physikalische Voraussetzungen

Ein elektrischer Unfall kann sich nur dann ereignen, wenn eine Person zwei unterschiedlich geladene Leitungen oder einen Leiter bei gleichzeitiger Erdung berührt. Heute sind alle elektrischen Netze in der Regel geerdet. Es genügt daher auch eine Berührung des Leiters, der nicht mit der Erde in Verbindung steht oder z.B. eine Wasserleitung, Telefon oder Heizungsrohre, also einen Leiter berührt. An Hochspannungsanlagen kann ein Unfall auch durch Lichtbogen zustandekommen. Meistens fangen die Kleider des Verunglückten sofort an zu brennen, so daß zusätzlich ausgedehnte Brandwunden entstehen.

Wir können drei Stromarten bei elektrischen Unfällen unterscheiden:

Gleichstrom, der stets eine gleiche Richtung hat und heute gespeichert in Akkumulatoren, in Bahnbetrieben und auch in älteren Ortsnetzen Verwendung findet.

Wechselstrom: Die periodische Änderung von Richtung und Größe der Spannung und damit des Stromes sind seine Eigenschaften. Bei hochfrequentem Wechselstrom kommt es nur zur Erwärmung des Gewebes (Diathermieprinzip).

Drehstrom: entsteht aus drei Wechselströmen verschiedener zeitlicher Phasenlage. Eine Drehstromleitung besteht aus drei oder vier Leitern. Da bei einem Unfall aber zumeist nur ein oder zwei Leiter berührt werden, wirkt nur ein Wechselstrom. Es ist also gleichgültig, ob eine Wechselstrom- oder Drehstromleitung berührt wird.

Eine Reihe von physikalischen Begebenheiten sind für die Schwere eines Elektrounfalles bestimmend.

1. Die Stromstärke: Eine Funktion von Spannung und Widerstand. Der elektrische Widerstand des Menschen setzt sich aus drei hintereinandergeschalteten Widerständen zusammen:

   a) dem Hautwiderstand der einen Berührungsstelle
   b) dem inneren Körperwiderstand
   c) dem Hautwiderstand der zweiten Berührungsstelle.

   Die Unterschiede der Widerstände verschiedener Personen liegen danach meist in den Hautwiderständen, die abhängig sind von der Dicke der Haut, dem spez. Widerstand des Hautstückes, der Feuchtigkeit und seiner Größe. Nach FREIBERGER ist es schwierig, die Stromstärke bei einem Elektrounfall zu ermitteln, da nicht nur der Gesamtwiderstand des Menschen, sondern auch die Übergangswiderstände zum Leiter (Handschuhe, Kleidung, Schuhe) bestimmend sind. Nach KOEPPEN hat der Widerstand der Haut je nach seiner Beschaffenheit (trocken oder feucht) Werte von 50 000 Ohm bis auf 500 Ohm. Nach FREIBERGER gilt der untere Wert dann, wenn der Widerstandswert der Außenhaut durch Strommarken ausgeschaltet ist. Eine weitere Rolle dürfte auch die Konstitution des Verunglückten spielen.

2. Die Einwirkungsdauer: Je länger die Einwirkungsdauer, umso größer ist die Schädigung. Die Ermittlung der Einwirkungsdauer ist nach ALVENSLEBEN nicht leicht, da das Trauma in der Erinnerung des Verunglückten stets eine längere Zeitvorstellung hervorruft.

3. Der Stromweg: KILLINGER hat bei Gleichstrom festgestellt, daß bei einer Querdurchströmung des Körpers (Hand-Hand) keine tödlichen Unfälle auftreten,

während bei einer Längsdurchströmung (Kopf-Rumpf-Erde oder Hände-Rumpf-Erde) tödliche Unfälle beobachtet worden sind. Elektrische Organschädigungen, z.B. von Herz und Hirn, werden von KOEPPEN nur anerkannt, wenn das Organ tatsächlich in der Strombahn gelegen hat.

4. Die Kontaktflächen der Elektroden sind für die Größe der Wunden verantwortlich.

Der Stromstärke kommt dabei wohl die größte Bedeutung zu. Es muß zwischen Niederspannungs- (bis 1000 V) und Hochspannungsunfällen (über 1000 V) unterschieden werden. Hochspannungsunfälle verlaufen nach HAUF zu 20 % und Niederspannungsunfälle zu 30 % tödlich. Das geschieht entweder durch direkte Wirkung auf den Herzmuskel (sofortiger Herzstillstand), durch Wirkung auf das Reizleitungssystem (Kammerflimmern), oder auf das Zentralnervensystem (Atemlähmung).

Bei Niederspannungsunfällen tritt der Tod nach HAUF zu 70 % durch Herzkammerflimmern ein und zu 30 % durch Herzstillstand. Bei der Obduktion solcher tödlich Verunglückter ergibt sich kein morphologisch faßbarer Befund, besonders nicht beim Herztod (abgesehen von den äußeren, örtlichen Verletzungen). Vereinzelt findet man Hirn- und Lungenödeme, subpleurale und subendokardiale petechiale Blutungen.

Zur besseren Beurteilung des Unfallgeschehens wurde von KOEPPEN folgende Einteilung im Stromstärkebereiche getroffen. Er beschreibt gleichzeitig die Wirkung des Stromes in den einzelnen Bereichen und vergleicht mit anderen Autoren (SCHAEFER, KAYSER, RAULE, ZINK, KILLINGER u.a.). KOEPPEN hat im "Handbuch der gesamten Unfallheilkunde" von Bürkle de la Camp und Schwaiger M., Stuttgart 1963, und vielen anderen Veröffentlichungen die Stromverletzungen so gründlich abgehandelt, daß alle Arbeiten zu diesem Thema sein Werk als Grundlage heranziehen.

Tabelle 1. Stromstärkebereiche nach Koeppen.

Gleich-, Wechselstrom			Gleich-, Wechselstrom		Gleichstrom
Stromstärkebereiche Koeppen			Schaefer, Kayser, Raule, Zink	weitere Forscher	Killinger
=	~	Physiologische Reaktionen der einzelnen Stromstärkebereiche nach Koeppen	= ~		=
I: unterhalb etwa 80 mA	etwa 25 mA	0,01...1 mA Strom noch gerade wahrnehmbar. Kitzeln in der Hand wie durch Ameisen.	unterhalb etwa 80 mA	etwa 25 mA	Weber: 0,1 ...1 mA Kouwenhoven: 1 ...2 mA E. W. Zürich: 0,9 ...1,6 mA Velisek: 0,5 Dalziel u. Mansfield: 0,44...1,92 mA Renssen: 0,9 ...1,6 mA	A: Bei Stromstärken von etwa 100 mA im Augenblick der Einwirkung u. einem stationären Wert von 10 bis 15 mA. Einwirkungsdauer etwa $\frac{1}{2}$ sec., wird d. Verunglückte weggeschleudert, keine Strommarken, kein Einfluß auf Herz und Kreislauf, Muskelkrampf, abhängig von der Stromstärke, keine Bewußtlosigkeit, jedoch Benommenheit.
		1...5 mA Gefühl wie Einschlafen der Hand, schwache Versteifung von Hand u. Unterarm			Weber: 0,8...24 mA E. W. Zürich: 3,5...4,5 mA Renssen: 1,6...4,5 mA	
		5...15 mA Loslassen des Kontaktes gerade noch möglich. Krampfgefühl in Händen u. Unterarm bis Oberarm. Blutdrucksteigerung in Abhängigkeit von der Stromstärke.			Weber: 9...15 mA Kouwenhoven: 6 mA (Frauen) 8...22 mA (Männer) Visentin: 6 mA (Frauen) 9 mA (Männer)	B: 100...200 mA Verkrampfung. Strommarken vorhanden. Benommenheit, vereinzelt Bewußtlosigkeit. Selbständiges Lösen vom Kontakt. Funktionelle Angina pectoris electrica möglich. Einwirkung 1 bis 3 sec. Stromweg:

			E. W. Zürich: 13...15 mA Velisek: 15 mA Renssen: 4,5...15 mA	Hand–Hand, keine erheblichen Kreislaufstörungen. Stromweg: Kopf Rumpf–Erde oder Hände–Rumpf–Erde, erheblichere Kreislaufstörungen bis zum Herzstillstand.
	15...25 mA Selbständiges Lösen vom Kontakt nicht mehr möglich. Kein Einfluß auf die Herzschlagfolge und das Reizleitungssystem.		Weber: 19...22 mA Visentin: 15 mA E. W. Zürich: 14 mA Velisek: 30 mA Renssen: 15...20 mA	
II: zwischen etwa 80...300mA 25...80mA	25...80 mA Noch ertragbare Stromstärke, ohne Bewußtlosigkeit, Blutdrucksteigerung, Herzunregelmäßigkeit, reversibler Herzstillstand bei höherer Stromstärke über etwa 50 mA Bewußtlosigkeit.	zwischen etwa 80... 25... 300 mA 80 mA	Weber: 25..30..50 mA Velisek: 50 mA Renssen: 20... 40 mA	C: Stromweg: Querdurchströmung Hand–Hand oder Kopf–Hand 0,5 bis 1,2 A, Längsdurchströmung Kopf Fuß bis 300 mA. Lösen vom Kontakt nicht möglich. Starke Verbrennungen z. T. 3. Grades. Selten Bewußtlosigkeit. Reversible Herzunregelmäßigkeit, keine tödlichen Unfälle.
III. zwischen etwa 300 mA 80... 3...8 A 100 mA	über 80 mA bis 3...8 A: Herzkammerflimmern in Abhängigkeit von der Einwirkungsdauer, Bewußtlosigkeit, kurzstufige elektrische Schläge unter etwa 0,3 sec: kein Herzkammerflimmern.	etwa 300 mA 80 mA	Kouwenhoven: 100 mA Visentin: 100 mA Velisek: 100 mA Renssen: 50 ...200 mA	D: Bei Stromstärken über 300 mA bei Durchströmung Kopf Fuß oder Kopf Hand Fuß plötzlicher Herztod (Herzkammerflimmern). Bei großflächiger Berührung oft keine Strommarken.
IV: oberhalb etwa 3...8 A	über 3...8 A: wie Stromstärkebereich II, Blutdrucksteigerung, Herzstillstand, Arrhythmien, Lungenblähung, in der Regel Bewußtlosigkeit.		Kouwenhoven: mehrere Ampère Visentin: mehrere Ampère G. Weiß: oberh. 2 Ampère Renssen: ab 200 mA	

Zusammenfassend ergibt die Tabelle folgendes Bild:

Stromstärkebereich I

a) Gleichstrom: Stromstärke unterhalb etwa 80mA, Spannungen von 110, 220 bis 800 Volt;

b) Wechselstrom: Stromstärke unterhalb etwa 25mA, Spannungen von 110, 220, 380 V, Frequenz 50 Hz.

Klinische Erscheinung: Trotz unbegrenzter Einwirkungsdauer sind bei meist sehr hohem Übergangswiderstand außer mäßigen Blutdrucksteigerungen keine Schädigungen des Herzens zu erwarten. Die meisten Unfälle des täglichen Lebens gehören in diesen Bereich. Die Übergänge zum Stromstärkebereich II sind in Bezug auf die Folgen naturgemäß fließend.

Stromstärkebereich II

a) Gleichstrom: Stromstärke zwischen 100 und 300mA, Spannungen von 110, 220 bis 800 V,

b) Wechselstrom: Stromstärke zwischen 25 und 80mA, Spannungen von 110, 220, 380 V.

Klinische Erscheinung: Nach vorübergehendem Herzstillstand kommt es zu unregelmäßiger Herztätigkeit, ähnlich wie im Stromstärkebereich IV und zur Blutdrucksteigerung. Bei einer Einwirkungszeit von 25-30 Sekunden kann es nach dem Herzstillstand zu Rhythmusstörungen und elektrokardiographischen Veränderungen und Kammerflimmern kommen. KOEPPEN und seine Mitarbeiter haben dieses anhand von Tierversuchen nachgewiesen.

Stromstärkebereich III

a) Gleichstrom: Stromstärke zwischen 300mA und 3-8 A, Spannungen von 110, 220 bis 800 V,

b) Wechselstrom: Stromstärke zwischen 80 und 100 mA und 3-8 A, Spannungen von 110, 220 und 380 V.

Klinische Erscheinung: Außer bei sehr kurzen Einwirkungszeiten von 0,1 - 0,3 Sekunden kommt es zu irreversiblem Herzkammerflimmern, bei Gleichstrom allerdings nur, wenn das Herz bei einem Stromweg Hände-Füße-Erde oder Kopf-Füße-Erde, also bei Längsdurchströmung, unmittelbar im Stromweg gelegen ist.

Stromstärkebereich IV

Stromstärke oberhalb 3-8 A, Spannungen über 3.000 V Wechselstrom.

Klinische Erscheinung: Nach vorübergehendem Herzstillstand kommt es zur Arrhythmie wie im Stromstärkebereich II. Herzkammerflimmern tritt aber nicht auf. Dagegen stehen schwerste Hitzeschädigungen im Vordergrund, durch Muskelkrämpfe kommt es zu erheblicher Blutdrucksteigerung. Nach einer Einwirkungszeit von Sekunden tritt der Tod durch schwerste Verbrennungen ein.

B. Menschliche Faktoren

Menschliche Faktoren spielen beim Zustandekommen eines Elektrounfalles auch eine große Rolle. Im Jahresbericht der Gewerbeaufsicht, Berlin 1956, findet man eine Untersuchung von 1.017 Elektrounfällen, die nach folgenden Gesichtspunkten geordnet sind:

1. Unordnung, Nachlässigkeit, Nichtbeachtung von Verhaltensvorschriften	31,5 % =	320 Fälle
2. Unachtsamkeit, Leichtsinn, Unfug	20,5 % =	209 Fälle
3. Unterlassene oder mangelhafte Prüfung von Betriebseinrichtungen	16,2 % =	165 Fälle
4. Nichtbenutzung, falsche Benutzung oder mangelhafte Instandhaltung der Schutzvorrichtungen, Sicherheitseinrichtungen	7,8 % =	79 Fälle
5. Mangelhafte Kenntnisse	6,5 % =	66 Fälle
6. Mangelnde oder mangelhafte Aufsicht	5,3 % =	54 Fälle
7. Falsches Arbeitstempo, falsche Arbeitsintensität, falscher Arbeitsrhythmus	3,7 % =	38 Fälle
8. andere	3,7 % =	38 Fälle
9. Mangelhafte Zusammenarbeit	2,3 % =	23 Fälle
10. Falsche Arbeitsplatz-Zuweisung	1,4 % =	14 Fälle
11. Nichtbenutzung, falsche Benutzung oder mangelhafte Instandhaltung der Arbeitsschutzausrüstung	1,1 % =	11 Fälle
	100 %	= 1017 Fälle

III. ÄUSSERE VERLETZUNGEN

Die häufigsten Verletzungen, die bei Stromeinwirkung auftreten, sind:

1. die elektrothermischen Verbrennungen, die als sogenannte Strommarken auftreten und ausgedehnte, tiefgreifende Verbrennungen.

2. Verbrennungen durch Lichtbogen; dabei kommt es nicht zur unmittelbaren Berührung des stromführenden Leiters. Die Verletzungen sind dabei unmittelbare Folgen der überspringenden Entladung, die hohe Temperaturen erzeugen kann.

3. Die rein mechanischen Verletzungen, die durch Sturz, Fall oder durch Schlag hervorgerufen sind.

4. Verletzungen, die durch Muskelkontraktionen verursacht werden können.

Die STROMMARKEN charakterisieren die Stromein- bzw. Stromaustrittsstellen. Der hohe Widerstand des Stratum corneum der Epidermis läßt die Strommarken als kleine, oft nur wenige Millimeter große, umschriebene Schädigungen der Haut erscheinen. Sie sind meist rundlich oder oval und vor allem an Handvola und Fußsohle zu suchen. Die Haut ist blaß und pergamentartig eingetrocknet. Diese Stromdurchtrittsstellen sind oft durch dellenartige Vertiefungen charakterisiert oder durch ödematöse Veränderungen am Rand wallartig verdickt. Die Strommarken sind völlig schmerz- und reaktionslos. Sie können manchmal fehlen, wenn der Kontakt mit dem Leiter auf großer Fläche bestand und der Widerstand nicht zu groß war.

Die elektrothermischen Verbrennungen unterscheiden sich klinisch nicht von Verbrennungen durch Hitzeeinwirkung, sie werden deshalb auch nach denselben Stärkegraden eingeteilt und ebenso behandelt.

Histologisch zeigen sich büschelförmig ausgezogene Kerne der Epidermis. Die Kerne der glatten Muskelfasern in den Arterien erscheinen ebenfalls ausgezogen und gewellt, oft sieht man Thrombosen.

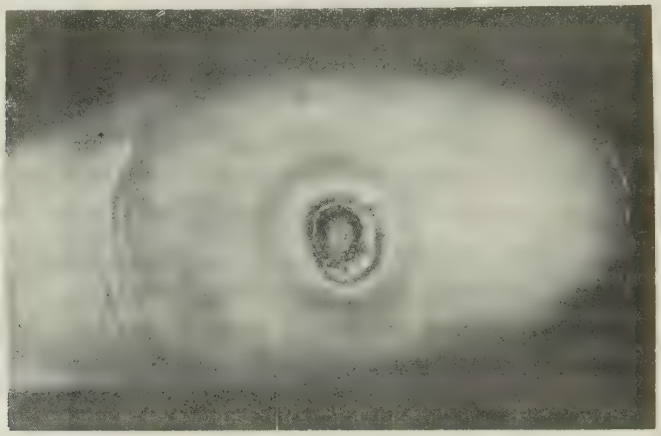

Abb. 1

Bei tödlichen Niederspannungsunfällen kommt es nach HAUF in 35 % der Fälle nicht zum Auftreten von Strommarken.

Bei Verbrennungen durch Lichtbogen können Temperaturen bis zu 4000 Grad auftreten. Die Wunden sind oberflächlicher als die elektrothermischer Verletzungen und beruhen dann immer nur auf reiner Wärmewirkung.

Elektromechanische Verletzungen sind schnittwundenartige Verletzungen, die in Verbindung mit einer thermischen Komponente, der Verbrennung, auftreten. Diese Verletzungen sind durch die Hitzeentwicklung entsprechend verfärbt. Sie sind völlig schmerzlos, da die sensiblen Nerven bei der Durchtrennung koaguliert sind und durch das Fehlen jeglicher Reaktionen gekennzeichnet. Im Gegensatz zu anderen Wunden bluten diese nicht, zumindest nicht primär, da die kleinen und mittleren Gefäße ebenfalls hitzekoaguliert sind.

Die Hyperthermie, die durch den Gewebswiderstand erzeugt wird, verursacht tiefgreifende Verbrennungen. An erhaltenen Körperhaaren sieht man, daß es sich dabei um eine Hitzekoagulation handelt, die im Gewebe selbst entstanden ist. Bei höheren Stromstärken kommt es nicht nur zu Koagulationsverbrennungen der Gewebe, sondern oft zu Verkohlungen.

Der örtliche Verlauf einer Stromverletzung ist durch die Ausbildung eines umschriebenen Ödems charakterisiert. Entzündliche Veränderungen bleiben oft aus. Rötungen der Randzonen entsprechen nur der reaktiven Hyperämie im Bereich der Demarkation. Die Wunden grenzen sich bald scharf ab, wobei die Nekrosezonen oft über das vorher erkennbare geschädigte Gewebe hinausreichen. Es besteht oft eine geschädigte Übergangszone zwischen der Nekrose und dem gesunden Gewebe, die noch nachträglich nekrotisieren kann. Es entwickelt sich mit der Zeit aber stets eine scharfe Demarkationslinie, die auch den Knochen ohne stärkere Periostschmerzen mit einbezieht. In vielen Fällen mumifizieren die Gewebsnekrosen und verfallen schließlich der Abstoßung. Solche spontanen Abstoßungen von Finger- oder Zehengliedern wurden schon 1924 von PALUGYAY beschrieben.

An Spätkomplikationen sind auch noch die Nachblutungen zu befürchten, die fast niemals sofort, sondern erst in der 2. und 3. Woche bei der Abstoßung in der Demarkationsgewebszone auftreten können. Diese Mumifikationen kommen meistens nur an Fingern und Händen oder größeren Gliedmaßenabschnitten vor.

IV INNERE VERLETZUNGEN

A. Herz- und Kreislaufschäden

KOEPPEN und seine Mitarbeiter haben eine Sammlung von 1085 Krankheitsfällen veröffentlicht, die teils zurecht und teils irrtümlich mit elektrischen Unfällen in Zusammenhang gebracht worden sind. Insgesamt waren dabei 161 Herzerkrankungen, davon 105 funktionelle Angina pectoris electrica, 56 organische Angina pectoris electrica und 70 neurologische Erkrankungen, davon wieder 26 neurologische Erkrankungen nach Wärmeschädigungen und 32 spinal-atrophische Erkrankungen, die als unmittelbare Stromverletzungsfolge anerkannt worden sind.

Unter 264 von JENNY beschriebenen elektrischen Unfällen fanden sich bei 40 Verletzten elektrische Herzschäden, 17 Verletzte verstarben an Kammerflimmern.

Soweit bisher bekannt ist, führt die Wirkung des elektrischen Stromes nicht zur Kontraktion der Kranzgefäße (KOEPPEN, LORENZ, SCHAEFER). Bei einer Längsdurchströmung soll aber das koronare Stromvolumen vorübergehend gedrosselt werden.

Die Einwirkung von Stromstärken bis etwa 10mA sollte nicht als Unfall gewertet werden, da ernsthafte Auswirkungen auf das Herz nicht zu erwarten sind (KOEPPEN). Bei solchen geringen Stromeinwirkungen kann es aber zu subjektiven Beschwerden im Sinne der "funktionellen Angina pectoris electrica" kommen. Angaben wie krampfartiges Zusammenziehen der Brust, das Herz habe ausgesetzt, um dann kräftig zu schlagen, Herzjagen und Herzfliegen bestimmen das Krankheitsbild. Bei Durchströmungen von mehr als 10 mA werden besonders Krampfschmerz, Angst und Atemnot geschildert.

Die Durchströmungsdauer wird meistens als wesentlich länger angegeben, als sie in Wirklichkeit stattgefunden hat. Bewußtlosigkeit tritt nicht auf.

Die Beschwerden klingen in der Regel nach kurzer Zeit wieder ab. Im EKG findet man keine Veränderungen im Erregungsablauf. Kreislauffunktionsstörungen können auch festgestellt werden; sie bilden sich aber nach kurzer Zeit zurück.

Die Patienten sollten in so einem Falle nicht einer klinischen Behandlung zugeführt werden, nach KOEPPEN reicht meistens eine Aufklärung über das Unfallgeschehen und eine Sedierung des Patienten aus. KOEPPEN und SIEBECK stimmen darüber ein, daß die Erwerbsminderung in diesen Fällen unter 10 % liegt.

Die Prognose der "funktionellen Angina pectoris" ist absolut günstig. Je nach der Psychischen Konstitution des Patienten bildet sich das Krankheitsbild oft schon nach Stunden zurück. In manchen Fällen kann diese Rückbildung auch einmal Tage dauern.

Diesem Krankheitsbild stellt KOEPPEN die "organische Angina pectoris electrica" gegenüber. Sie geht im Anschluß an eine Stromverletzung mit den Symptomen einer echten Angina pectoris einher. Bei diesem Krankheitsbild kann man im EKG Störungen im Erregungsablauf feststellen. Es handelt sich dabei um Unfälle der Stromstärkebereiche II, III und IV.

Die Symptome, die dabei zu erwarten sind: Die Kranken geben Schmerzen an, die in der Herzgegend lokalisiert und häufig mit Todesangst gekoppelt sind. Der Schmerz wird als brennend oder als Herzstechen beschrieben. Ein Druck- und Beengungsgefühl wird geschildert. Vor allem in der Zeit nach dem Unfall treten Herzklopfen zusammen mit Herzschmerzen auf.

Nach vorausgegangener Bewußtlosigkeit treten diese Beschwerden vorwiegend in der Zeit nach dem Erwachen auf. Sie können sich nach Anstrengungen leichterer Art anfänglich wiederholen. Auch Schmerzen beim Luftholen, Übelkeit, Brechreiz und Schwindelgefühl sind schon nach diesen Unfällen beobachtet worden.

An klinischen Befunden sind keine pathologischen Herzgeräusche festzustellen. Die Herzkonfiguration ist regelrecht; bei einem Teil der Fälle besteht eine Arrhythmie. Die Blutdruckverhältnisse liegen annähernd im Bereich der Norm. Bei der Prüfung der Anspannungs- und Austreibungszeit kann man in manchen Fällen Abweichungen beobachten. Die elektrokardiographischen Veränderungen sind: Vorhofflattern, Vorhofflimmern, Störungen der Überleitungszeit, intraventrikuläre Störungen und Störungen der Erregungsrückbildung.

Zum Verlauf wäre zu sagen, daß einige Patienten nach dem Unfall ihre Arbeit wieder aufnehmen können, obwohl objektive Veränderungen im EKG andauerten, z.B. Vorhofflimmern. Bei anderen Patienten halten Beschwerden wie Druckgefühl auf dem Herzen, Ängstlichkeit, leichte Erregbarkeit, Herzklopfen, Schlafstörungen monatelang, ja sogar jahrelang ohne eine Besserung an.

Die intraventrikulären Reizleitungsstörungen scheinen nach KOEPPEN zu bleiben, während sich die vorher beschriebenen EKG-Veränderungen nach dem Unfall schnell zurückbilden. Sie können somit als echte Folgen des Elektrotraumas angesehen werden. Man sollte bei intraventrikulären Störungen, wenn möglich, früher angefertigte EKG's zu Rate ziehen, um infektiös-toxische Myokardschäden auszuschließen.

Eine Senkung der ST-Strecke und eine Abflachung der T-Zacke zeigen im EKG eine Störung der Erregungsrückbildung. Sie ist häufig mit einer Tachykardie gekoppelt, so daß die Senkung der Zwischenstrecke auf die Frequenz-

steigerung bezogen werden kann. Besonders dann, wenn sich diese Senkung auch in einem negativen Abgang und steil ansteigendem ST-Stück darstellt.

Neben dieser Form der ST-Senkung werden jedoch auch "muldenförmige" Veränderungen der ST-Strecke gefunden, bei denen gleichzeitig eine relativ lange QT-Zeit besteht. Auch diese Veränderungen bilden sich oft schon Stunden nach dem Unfall zurück (KOEPPEN).

Zu Herzinfarkten kommt es in den seltensten Fällen. AUDIER und RUF haben 2 Fälle erwähnt. Negatives T_2, das auch nach Elektroschocks vorübergehend beobachtet werden kann, wird von beiden Autoren als Folge einer isolierten Herzmuskelischämie gedeutet. Für die Anerkennung eines ursächlichen Zusammenhanges zwischen Elektrounfall und Herzinfarkt fordert KOEPPEN, daß es sich um eine Stromeinwirkung in den Stromstärkebereichen II bis IV handeln und der unmittelbare zeitliche Zusammenhang zwischen Stromeinwirkung und Manifestation des Infarktes sichergestellt sein muß.

Nach einem einmaligen physiologischen Reiz, wie er bei Elektrounfällen in der Regel auftritt, können nach KOEPPEN und SCHAEFER keine anhaltenden Blutdrucksteigerungen und damit Krankheiten des arteriellen Systems auftreten.

Nur chronische elektrische Reize auf Nerven, die die Nierenarterien zur Kontraktion bringen, könnten dauerhafte und starke Erhöhung des systolischen Blutdruckes auslösen (KOTTKE, KUBICEK, VISSCHER).

Oft resultiert nach elektrischen Schädigungen eine "neurozirkulatorische Asthenie" (präkordiale Schmerzen, Herzklopfen, Tachykardie, Seufzeratem). Kardiovaskuläre Störungen sind meistens erst Tage oder Wochen nach einem Elektrotrauma bemerkbar (AUDIER, RUF).

B. Neurologische Erkrankungen nach Elektrounfällen

ZEMAN hat im "Handbuch der speziellen pathologischen Anatomie und Histologie" auf die verwirrende Vielfalt der morphologischen Veränderungen am Nervensystem hingewiesen. Er unterscheidet zwischen Veränderungen, die durch Bildung Joule'scher Wärme hervorgerufen worden sind und Veränderungen, die durch den elektrischen Reiz hervorgerufen sind, also ohne Wärmebildung.

Die Erkrankungen, die nach Elektrounfällen auftreten, und durch Wärmewirkung schädigende Einflüsse auf das Nervensystem haben, werden von ZEMAN und KOEPPEN an den Anfang gestellt. Zu mehr oder weniger schweren Verbrennungen kommt es am Schädel bei einem Stromweg Kopf-Rumpf-Füße-Erde.

Da Knochen dem Strom einen hohen Widerstand bieten, wird das Hirn recht gut geschützt und neurologische Folgen bleiben meist auch bei starken Schädelverbrennungen aus. Dieser Schutz scheint aber nur bei Hochspannungsunfällen zu bestehen. Bei der Elektroschockbehandlung beobachtet man schon bei relativ niedrigen Stromstärken (220 V, 150 bis 600 mA) und kurzer Einwirkungsdauer, daß cerebrale Krampfanfälle ausgelöst werden können. Bei Hochspannungsunfällen beobachtet man das seltener. Je stärker die Hitzeeinwirkung und je länger die Einwirkungsdauer anhalten, umso eher wird die schützende Barriere des Schädelknochens überwunden und es kommt zu einer Wärmeschädigung des Gehirns. KOEPPEN beschreibt dazu einen interessanten Fall:

Georg K.: 41 Jahre, Unfall am 16.5.1940, Stromstärkebereich IV; Spannung 35 kV (gegen Erde 20,2 kV, innerer Widerstand des Menschen 500 Ohm, ergibt über 1000 PS Energie, abgesichert mit 120 A); Stromweg: Hinterkopf - rechtes Knie - linke große Zehe. Schwere Verbrennungen 2. und 3. Grades am Hinterkopf, am rechten Knie und an der rech-

ten großen Zehe, 1. Grades an der rechten und linken Halsseite und an beiden Unterarmen.

Bei Reparaturarbeiten an der Steuerleitung eines ferngesteuerten Ölschalters kam K. mit seinem Hinterkopf an den Stromleiter. Stromeintritt am Hinterkopf, -austritt rechtes Knie und linke große Zehe. K. war sofort bewußtlos. Es handelte sich um einen schweren elektrischen Unfall mit Zerstörung vorwiegend des rechten und eines kleinen Teiles des linken Hinterhauptes infolge hoher Wärmewirkung und Strommarken an der linken Fußsohle und der rechten Kniescheibe. Klinisch sehen wir somit allerschwerste Krankheitsbilder mit ausgesprochenen neurologischen Symptomen entsprechend den geschädigten Gehirnpartien, aber auch leichteste Bilder mit oft nur angedeuteten Jacksonanfällen infolge Hirnnarbenbildung.

Derselbe Autor beschreibt, daß sich gelegentlich nach Elektrotraumen mit Schädelverbrennungen ein erhöhter Liquordruck findet, er führt das auf eine meningeale Reaktion zurück. An eigenen Tierversuchen hat er festgestellt, daß es nach Durchströmung des Kopfes eine auf Wärmewirkung beruhende Anquellung der Dura geben kann. Hirnatrophische Prozesse treten nach entsprechender Wärmeschädigung des Gehirns auf. Kommt es nach geringgradigen Verbrennungen an den Knochen zu Verwachsungen der Meningen, kann das zu einer symptomatischen Epilepsie führen.

Nach KOEPPEN finden sich in der Weltliteratur nur vereinzelte Fälle von thermoelektrischen Schäden des Rückenmarks. Es handelt sich dabei um spastische Erscheinungen, die bis zu unvollständigen Querschnittsbildern reichen. Die unmittelbare Nähe der Verbrennung zum Rückenmark ist dabei Voraussetzung, weil die elektrothermische Wirkung nach Überwindung des Hautwiderstandes bald abnimmt.

Zu Erkrankungen peripherer Nerven kommt es nur dann, wenn durch Verbrennungen sowohl Gewebe als auch Nerven, die unmittelbar im Verbrennungsgebiet liegen, beschädigt werden. Ohne Hitzeeinwirkung fehlen sichere neuritische und neuralgische Erkrankungen.

a) Spinalatrophische Erkrankungen

Eine relativ seltene Folge nach elektrischen Unfällen hat PANSE zuerst beschrieben. Es handelt sich um wahrscheinlich reversible elektrobiologische Vorgänge in den Rückenmarks-Ganglienzellen. Die betroffenen Glieder sind dabei paretisch, aber nicht vollkommen gelähmt, die Sensibilität ist erhalten und nur geringfügig gestört. Offenbar scheinen die Vorderhörner besonders stromempfindlich zu sein. PANSE meint, daß das spinale Syndrom besonders dann auftritt, wenn die Stromeinwirkung insuffizientes Nervengewebe trifft. Die Prognose dieser leichten Lähmungserscheinungen ist absolut günstig. Die Lähmungen und eventuell auftretenden Muskelatrophien bilden sich oft nach Tagen, spätestens nach Wochen wieder zurück. Als Therapie kommen Massagen, auch Unterwassermassagen, Reizstromtherapie und Kurzwellen in Frage.

Wenn die Erscheinungen sich nach Wochen nicht zurückbilden, muß untersucht und zurückgeforscht werden, ob es sich nicht um eine unfall-unabhängige Nervenerkrankung, z.B. eine Polysklerose, handelt. Bei Krankheitsfällen mit progredientem Verlauf kommt kaum eine Stromfolge in Betracht. Es sei denn, daß beim Unfall selbst eine zusätzliche traumatische Rückenmarks-Schädigung durch eine Wirbelfraktur, einen Prolaps oder eine Contusio spinalis erfolgte. Wenn bei Hirndurchströmungen nicht gerade Hirnteile in der Tiefe verbrannt sind, zeigt das EEG keine pathologischen Abweichungen von der Norm (HOPPE). Man kann also zusammenfassend sagen, daß die spinalen Nervenschädigungen durch Strom relativ gut rückbildungsfähig sind und langdauernde Folgen wenig Aussicht haben, als Unfallfolgen anerkannt zu werden.

C. Knochenläsionen

In seltenen Fällen kommt es zu Knochenläsionen bei Elektrounfällen. Nach JELLINEK gehören Knochenschädigungen nach Einwirkung von elektrischem Strom zu Raritäten. Er beschrieb erstmals als sogenannte klassische Knochenveränderung die Knochenschisis. Es handelt sich dabei um eine Durchtrennung der feingeweblichen Knochenstrukturen an umschriebener Stelle, die sich röntgenologisch als Fissurlinien dokumentieren lassen. JELLINEK erklärte die Schisis durch mechanische Vorgänge, während JENNY sie als Hitzesprünge aufgrund einer Dampfentwicklung durch Joule'sche Wärme deutet.

KOLAR und VRABEC fanden in ihrem Krankengut, das 150 Elektrounfälle mit Knochenbeteiligung umfaßt, zehnmal eine solche Knochenschisis.

D. Hörstörungen nach Elektrounfall

KITTEL berichtet über Hörstörungen nach einem Elektrotrauma. Er fand Schwerhörigkeit, die sicher durch den Elektroinsult zustandegekommen war. Dominierend waren dabei Hochtonverluste ganglionärer, respektive zentraler Natur. Sie waren bei 5 beschriebenen Fällen viermal mit objektivierbaren, zentralen Vestibularisläsionen und nur einmal mit einer peripheren-vestibulären Störung, die mit einer Haarzellenschwerhörigkeit einherging, vergesellschaftet. Bei einem Patienten trat auch eine Anosmie, bei einem anderen eine Sprachverständnisstörung auf. Alle Patienten klagten außer über Hörstörungen und Schwindelerscheinungen über Gedächtnisstörungen und häufige, heftige, besonders occipitale Kopfschmerzen. Die Vielgestaltigkeit der otoneurologischen Symptome, die keineswegs nach jedem Elektrotrauma auftreten, die sich aber auch bei weit entfernter Lage der Strommarken einstellen können, erklärt sich aus der Verschiedenheit der Angriffspunkte und Stromdurchflüsse.

Auch WAGEMANN untersuchte pathologische Befunde und tierexperimentelle Folgen der Stromeinwirkung speziell am Ohr. Als Voraussetzung für eine unmittelbar primäre Ohrschädigung stellte auch er fest, daß der Strom in der Nähe des Felsenbeines geflossen sein mußte. Dabei kam es zu einer irreversiblen, unter Umständen progredienten Knochenschädigung und endolabyrinthär zu einem Ausfall der äußeren Haarzellen. Das stellte sich als endolabyrinthäre Hörstörung mit positivem Rekruitment dar. Praktisch kommen aber solche elektrothermischen Störungen nur bei hochgradigen Starkstromunfällen vor. Eine Trommelfellverletzung als primärer Elektroschaden setzt voraus, daß der Strom entweder sehr stark war oder günstige Leitverhältnisse vorgefunden hat. Die primären endolabyrintheren Schädigungen entstehen aber nicht nur durch Hitzeeinwirkung, sondern auch durch Drucksteigerung und Blutungen.

E. Posttraumatisches Syndrom

Nach Elektrounfällen wird oft auch ein sog. Posttraumatisches Syndrom beobachtet. LA JOIE berichtete 1962 über die Untersuchung von 29 Personen, die bei Arbeits-Elektrounfällen überlebt hatten. Bei nur einer Person, die schon vor dem Unfall an Arteriosklerose gelitten hatte, trat ein permanentes Vorhofflimmern auf. Es konnte allerdings nicht festgestellt werden, ob das Vorhofflimmern nicht schon vor dem Unfall bestanden hatte oder erst durch ihn ausgelöst worden war. Bei zwei weiteren wurde vermutet, daß bereits bestandene Herzfehler-Überlastung der Herzkammer bzw. Ischämie des Herzmuskels - durch den Elektrounfall verschlimmert worden waren. 15 Personen dieser Gruppe klagten über Herzbeklemmungen und Nervosität, übermäßiges Müdigkeitsgefühl, Brustschmerzen, besonders in der Achselgegend, und Schmerzen in den Oberarmen, also den Symptomenkomplex des "Posttraumatischen Syndroms nach Elektrounfällen".

F. Intrauteriner Fruchttod nach Elektrounfall der Mutter

Nach HROZEK wird das Absterben der Frucht während der Schwangerschaft infolge einer Stromverletzung der Mutter heutzutage öfter beobachtet.

DÖRDELMANN veröffentlichte 1957 im Zentralblatt der Gynäkologie eine Arbeit, in der er in Ermangelung an beobachteten Unfällen bei elektrischem Strom, Berichten über Blitzunfälle Gravider nachging.

JELLINEK weist auf die Möglichkeit einer Funktionsbeeinflussung der Schwangeren allein durch den psychischen Schock beim Elektrounfall hin. Er berichtete 1924 über eine XI.-para, die nach einem Blitzschlag überlebte und nach 15 Tagen normal entbunden wurde, während eine Begleiterin mit gleichen Blitzmarken auf der Haut zu Tode kam. Er folgerte daraus eine größere Toleranz der Schwangeren gegenüber der Elektrizität. Die Möglichkeit eines Fruchttodes durch Blitzeinwirkung wurde schon 1907 von JELLINEK bejaht. Er stützte diese Auffassung durch Tierbeobachtungen: Eine Stute warf unmittelbar nach dem Blitzschlag ein totes Fohlen; Kühe hatten bei der Notschlachtung nach Blitzeinwirkung noch Herztätigkeit, die Kälber waren bereits abgestorben.

JELLINEK führte durch diese Beobachtungen angeregt Tierversuche mit Katzen, Hunden und Kaninchen durch. Er verwandte Starkstrom, weil der dem atmosphärischen Strom am nächsten kam. Die Muttertiere erlagen bei jeweils verschiedenen Stromstärken, während die durch Sectio befreiten Jungen noch deutliche Lebensreaktionen zeigten.

Daraus Beziehungen zum Menschen zu knüpfen, ist äußerst schwierig, da es zwischen Mensch und Tier nicht nur Größendifferenzen, verschiedene Hautbeschaffenheit, sondern auch unterschiedliche Leitungsfähigkeiten für Elektrizität gibt, wie von JELLINEK nachgewiesen wurde.

DÖRDELMANN berichtete 1957 über einen selbst beobachteten Fall von intrauterinem Fruchttod nach elektrischem Unfall der Mutter.

Die Schwangere erzählte, daß sie am 25.7.1956 in ihrer Waschküche an einer Wäschepresse (220 V / 250 Watt), die nicht geerdet war, einen elektrischen Schlag erlitten habe, obwohl die Presse abgeschaltet war. Als sie die noch feuchte Wäsche zum Herausnehmen anfaßte, wurde sie von einem heftigen Schlag zu Boden geworfen. Ohne bewußtlos zu sein, stand sie allein wieder auf. In den folgenden Stunden hatte sie nur Rückenschmerzen, die von selbst wieder nachließen. Sie berichtete, daß sie seitdem kein kindliches Leben mehr verspüre, bis dahin sei das Kind sehr lebhaft gewesen. Der aufgesuchte Hausarzt habe angeblich noch Herztöne feststellen können. Am 28.7.1956 habe sie eine leichte Blutung gehabt.

Nach gründlicher Untersuchung in der Klinik wurde der Tod der Frucht angenommen. Stunden später gebar die Patientin einen unreifen, toten Knaben von 45 cm Länge und 2000 g Gewicht.

Der Obduktionsgefund ergab:

"47 cm große, 2065 g schwere, männliche Frühgeburt mit mangelnden Zeichen der Reife: beiderseits Leistenhoden, mangelnde Fettpolster, mangelnde Differenzierung beider Schläfen- und Scheitellappen des Gehirns, fetale Blutbildungsherde in der Leber, multiple Hämatome: subkonjunktivale Blutungen, Zehnpfennigstück-großes extrakapsuläres Hämatom zwischen der Pars affixa der Leber und dem Zwerchfell. Pfennigstück-großes Hämatom im Mesokolon transversum. Haemaskos (10 cm). Diffuse Schleimhautblutungen des Dünn- und Dickdarmes, Hämaturie, bis linsengroße intradurale Blutungen über allen Hirnabschnitten, intracerebrale Blutungen im Kleinhirn mit hämorrhagischer Erweichung der Hirnsubstanz.

Akute Stauungsleber, akute Stauungsnieren, akute Dilatation der Herzkammern, akutes diffuses Lungenödem. Geringe Fruchtwasseraspiration, vereinzelte mit Neutralfett beladene Plattenepithelien in den kaum entfalteten Lungenalveolen. Zeichen eines intrauterinen Fruchttodes: beginnende Mazeration mit flächenhafter Ablösung der Oberhaut vom Korium an beiden Füßen. Totale fetale Atelektasen beider Lungen. Fortgeschrittene Autolyse und Fäulnis der inneren Organe. Offenes Foramen ovale, offener Ductus arteriosus Botalli. Keine Mißbildungen, keine anatomischen Zeichen für eine angeborene Lues oder für eine Erythroblastose. Nach den Fäulniserscheinungen an Haut und inneren Organen der Kindsleiche war der Tod etwa 5 Tage ante partum eingetreten.

Maßgebend für die Schädigung des Kindes waren einmal die günstigen Überleitungsmöglichkeiten des Stromes auf den kindlichen Körper mit seiner vom Fruchtwasser benetzten Haut und die geringe funktionelle Resistenz des wenig entwickelten menschlichen Organismus.

Der Fruchttod ist in diesem Falle sicher auf eine Schädigung der Herzfunktionen durch Elektrizität zurückzuführen. Die akute Herzdilatation mit Stauungshyperämie im kleinen Kreislauf und die Blutungen, die sicher als Stauungsfolgen auftraten, sprechen dafür. Auch Blutungen im Hirngewebe, Nieren und Leber sind beobachtet.

HROZEK berichtete 1963 über 2 beobachtete Fälle zum gleichen Thema. Er gibt dabei auch an, daß die Leitverhältnisse zur Frucht durch das Fruchtwasser und die schwangere Gebärmutter besonders günstig sind und die geringen Resistenzen von Herz und Gehirn der Frucht eine Rolle spielen.

Die Verunglückten gaben übereinstimmend an, daß die Kindsbewegungen unmittelbar nach dem Unfall sofort aufhörten. Nach klinischer Aufnahme und Geburt sah man in beiden Fällen hochgradig mazerierte Früchte, die Zeit des Absterbens stimmte mit dem elektrischen Unfall überein.

Nach DÖRDELMANN schwanken die tödlichen Dosen für eine Frucht in einem Umfang von 110 bis 380 V, 25 mA. Die Einwirkungszeit beträgt mehr als 0,3 Sekunden. Diese Werte hängen vom Widerstand der Umgebung ab, die der Strom durchfließt. Die trockene Haut der menschlichen Hand leistet z.B. einen Widerstand von 40.000 bis 100.000 Ohm, der bei nasser Haut auf 25 Ohm herabsinkt.

Bei dieser Betrachtung fällt auf, daß das Hauptaugenmerk der Untersuchungen der inneren Verletzungen auf Herz, Kreislauf und Gehirn im großen und ganzen beschränkt bleibt.

Ich fand lediglich einen Hinweis auf eine Buchbesprechung, wo der Referent monierte, daß keine umfassenden Untersuchungen über Stromschäden der Nieren vorliegen. Es ist nach physikalischen Gesetzen einleuchtend, daß sich der Strom die flüssigkeitsgefüllten Blutbahnen als Weg aussucht. Wie an anderer Stelle angegeben, zeigen histologische Befunde Kernveränderungen der Gefäßwände. Wenn diese nicht reversibel sind, müßten mit den traumatisch bedingten Gefäßveränderungen auch Schäden an den abhängigen Versorgungsbereichen auftreten.

G. Erkrankungen, die irrtümlich mit dem Elektrounfall in Zusammenhang gebracht werden.

Die Erkrankungen, die unter dem Sammelbegriff "essentielle Hypertonie" stehen, sind an erster Stelle zu nennen. Wie oben schon erwähnt, können nach einem Elektrounfall keine anhaltenden Blutdrucksteigerungen und damit Erkrankungen des arteriellen Systems auftreten.

Allgemeine Arteriosklerose, insbesondere Koronarsklerose, Lungenemphysem mit chronischen Bronchitiden, Asthma bronchiale und Bronchiektasien werden nach KOEPPEN auch oft zu Unrecht auf einen Elektrounfall zurückgeführt.

Es kann aber in manchen Fällen durchaus zu einer Verschlimmerung dieser Krankheiten kommen. Bei eingehender Durchsicht der Unfallakten findet man, daß die Beschwerden und Befunde bereits vor dem Unfall bestanden haben.

Für Angiopathien, Polyzythämien, den Diabetes mellitus sowie den Morbus Basedow gilt das auch. In der Regel können diese Krankheiten nicht durch einen Elektrounfall ausgelöst werden. BAUMANN beschrieb einen Krankheitsfall von akutem Basedow, der allerdings doch auf einen Elektrounfall zurückzuführen ist. Dabei lag ein besonderes Schreckerlebnis vor.

Ebenso glaubt KOEPPEN nicht, daß man Magen-Darm-Erkrankungen und Erkrankungen der Leber in ursächlichen Zusammenhang mit einem Elektrounfall bringen kann.

Das Auftreten einer multiplen Sklerose nach einem Elektrounfall ist nie sicher beobachtet worden, das gilt auch für neurologische Systemerkrankungen und endogene Psychosen.

V. THERAPIE DER ELEKTROVERUNGLÜCKTEN

Am Unfallort sollte zunächst der Strom abgeschaltet werden, damit man den Verunglückten aus dem Stromkreis befreien kann. Bei einem Herzstillstand ist eine intrakardiale Injektion von Adrenalin angezeigt. Eine exogene Herzmassage sollte sofort begonnen werden. Beim Bestehen von Kammerflimmern gibt man am besten Novocainamid, zu erst intravenös, im Versagensfalle intrakardial. Eine mögliche Defibrillierung wäre angebracht.

Bei einem Atemstillstand ist die Freimachung und Freihaltung der Atemwege selbstverständlich. Dazu künstliche Beatmung, möglichst durch Intubation und Sauerstoff-Beatmung, evtl. mit Lobelingabe intravenös, um das

Atemzentrum anzuregen. Für einen baldigen Abtransport in die Klinik ist Sorge zu tragen. Wenn notwendig, weiter exogene Herzmassage und künstliche Beatmung.

In der Klinik gilt die erste Sorge der Schockbekämpfung. Einer drohenden Niereninsuffizienz sollte mit reichlicher Flüssigkeitszufuhr und dem Anlegen eines Dauerkatheters vorgebeugt werden.

SCHLOMKA empfiehlt, die Schock- und Uraemieprophylaxe schon auf dem Transport des Elektroverunfallten beginnen zu lassen. Unter möglichst reicher Flüssigkeitszufuhr soll eine Alkalisierung des Urins erreicht werden. Dazu gibt man etwa drei Teelöffel Natrium bicarbonicum auf einen Liter Flüssigkeit.

Wird der Patient bewußtlos eingeliefert, muß möglichst geklärt werden, ob eine einfache Ohnmacht, die Folge einer temporären Hirnanämie durch Gefäßspasmen bzw. eine direkte Einwirkung auf die Ganglienzellen vorliegt, oder ob es sich um eine sturzbedingte Commotio, Contusio oder Compressio cerebri handelt.

Heute wird außerdem verlangt, daß möglichst frühzeitig ein EKG angefertigt wird. Wenn möglich, sind frühere EKG's anzufordern, um eine Elektroschädigung des Herzens einwandfrei abklären zu können. 48 Stunden nach dem Unfall sollte dann ein zweites EKG angefertigt werden, da sich Spätschäden am Herzen oft erst nach dieser Zeit manifestieren.

A. Lokalbehandlung

Wie bei jeder anderen Hautläsion auch, ist einer Sekundärinfektion zeitig zu begegnen. Also Desinfektion der Wundumgebung, Anlegen von trockenen, sterilen Verbänden.

Bei stark verschmutzten Wunden empfiehlt sich das Auflegen von Penicillin-Tüll. Auch Al-Puder hat sich in vielen Fällen zur Wundheilungsförderung bewährt. Wenn später die Wunden im Abheilen begriffen sind, reichen manchmal Lebertranverbände. Die Tetanusprophylaxe sollte nicht vergessen werden. Dazu TAT-Serum, Tetanol bzw. Tetatoxoid (passive und aktive Impfung). Da es immer zu Nachblutungen kommen kann, ist eine Sitzwache zu beauftragen. Eine Abschnürbinde für die künstliche Blutleere muß bereitliegen. Wird bei einer Nachblutung eine Arterienunterbindung notwendig, so hat sie nicht am Ort der Blutung, sondern stets entfernt davon am "Ort der Wahl" zu erfolgen. Alle zusätzlich aufgetretenen Verletzungen durch Sturz, Fall oder Schlag sind symptomatisch oder der Verletzungsart entsprechend zu behandeln.

Im weiteren Verlauf der klinischen Behandlung muß abgewartet werden, bis sich die Nekrosen demarkieren und abstoßen. Später muß dann evtl. eine Epidermistransplantation oder eine plastische Deckung vorgenommen werden.

B. Der Schock und seine Bekämpfung

Für die ausreichende Gewebsdurchblutung sind hauptsächlich drei Faktoren bestimmend: 1. das Herz, 2. die Gefäße, 3. das Blut. Danach kann also ein Schock durch Störung einer dieser Faktoren ausgelöst werden. Es handelt sich dabei pathologisch-physiologisch fast immer um eine akute hämodynamische Störung des Verhältnisses zwischen der Weite des Gefäßsystems und der Menge des zirkulierenden Blutes. Dieses Mißverhältnis kann durch nicht kompensierte Blutverluste, durch Weitstellung der Gefäße oder durch eine zu schwache Herzleistung hervorgerufen sein. Das vorhandene Blutvolumen reicht dabei nicht aus, um den notwendigen Blutdruck für die normale Hirn- und Nierendurchblutung und für den Stoffaustausch zwischen Blut und Gewebe aufrechtzuerhalten.

Klinisch findet man einen beschleunigten Puls, zunehmende Blässe, Blutdruckabfall auf 80 mmHg oder darunterliegende Werte, Rückgang der Harnausscheidung unter 30-50 ml/Stunde. Die Nase erscheint spitz, weil der Gewebsturgor herabgesetzt ist, die Augen sind eingefallen; kalter Schweiß, Unruhe und Bewußtseinstrübung kommen hinzu.

Nach der Entstehung lassen sich mehrere Schockformen unterscheiden: Hämorrhagischer, toxischer, allergischer, kardiogener und traumatischer Schock.

Der traumatische Schock tritt als Folge von Gewalteinwirkung auf und charakterisiert sich durch ausgelöste Zell-, Fett- und Eiweißtrümmer. Er ist durch eine Plasmaabwanderung in die traumatischen Gewebe (Wundödem) gekennzeichnet.

Besonders bei diesem Schock kommt es zu einer Zirkulationsstörung der kleinen Gefäße, wie Arteriolen, Kapillaren und Venolen. Dabei entstehen in diesen kleinen Gefäßen Zellaggregationen von Thrombozyten und Erythrozyten, die zu Mikroembolien führen und damit den peripheren Widerstand der Strömung erhöhen. Gefördert wird diese Aggregation durch Zunahme der Globuline auf Kosten der kleinen Albuminmoleküle. Das führt zu einer Viskositätssteigerung, der erniedrigte Blutdruck ergibt eine Strömungsverlangsamung.

Eine ausreichende Flüssigkeitszufuhr steht deshalb im Mittelpunkt der Therapie, weil der absolute oder relative (vasogener Schock) Volumenmangel eine entscheidende Rolle spielt.

Ein guter Indikator für die erforderlichen Mengen des Blutvolumenersatzes sind zentrale Venendruckmessungen (Normalwert 10-15 cm H_2O) und die stündlich mittels Dauerkatheter gemessene Urinmenge. Sie darf nicht unter 30-50 ml/Stunde absinken.

Bei Mikrozirkulationsstörungen ist niedrigmolekulares Dextran, z.B. Rheomakrodex, das Mittel der Wahl. Bei Verbrennungen muß man Plasma oder Plasmaersatz geben.

Eine große Rolle spielen posttraumatisch natürlich auch das Gleichgewicht und die Konstanz der Konzentration der Elektrolyte. Sie sollten ständig kontrolliert werden. Bei einer Hyperkaliämie, die zum Beispiel bei schweren Verbrennungen auftritt, wenn sehr viel intracelluläre Flüssigkeit und mit ihr intracelluläres Kalium frei wird, gibt man intravenös hypertonische Kochsalz- und Zuckerlösungen. Bei einer Hypokaliämie wird das Kalium durch entsprechende Infusionen aufgefüllt.

Wegen der Häufigkeit und Wichtigkeit muß eine gezielte Schockbehandlung jeder Lokalbehandlung beim Elektrounfall vorausgehen bzw. nicht vernachlässigt werden.

VI. EIGENE FÄLLE

Nach eigenen Nachforschungen über Elektrounfälle fand ich im Archiv der Chirurgischen Universitätsklinik München, Nußbaumstraße, insgesamt in den Jahren 1956 - 1969 nur 16 Fälle, die sich jahrgangsmäßig wie folgt aufschlüsseln:

Tabelle 1

Jahr	Fallzahl
1956	2
1960	1
1962	1
1963	3
1964	4
1965	4
1969	1

Damit sind aber nur die Fälle erfaßt, welche stationär behandelt wurden.

Tabelle 2

Bei 14 verwertbaren Fällen handelte es sich um:

Verbrennungen I. - II. Grades	2
Verbrennungen I. - III. Grades	1
Verbrennungen II. - III. Grades	1
Verbrennungen III. Grades	1
Narbenkontrakturen	3
Hautnekrosen	2
Zerrung der Schultermuskulatur	1
Kam bereits tot	1
Akutes Herzversagen	2

Fall 1

68-jähriger Maschinenschlosser bekam bei der Arbeit einen elektrischen Schlag mit 220 V für einige Sekunden. Der Stromfluß ging von der rechten zur linken Hand. Es trat keine Bewußtlosigkeit auf, so daß der Patient zunächst weiterarbeitete. Erst als er den linken Arm nicht mehr bewegen konnte, kam er in die Klinik.

Der Aufnahmebefund zeigte sowohl klinisch als auch röntgenologisch erhebliche Zerrungen der linken Schultermuskulatur. Das EKG war unauffällig. Es bestanden Schmerzen und Bewegungsunfähigkeit im linken Arm, die Armreflexe waren links abgeschwächt. Strommarken konnten nicht festgestellt werden.

Auch bei einer eingehenden Untersuchung in der Medizinischen Universitätsklinik konnte kein Anhalt für eine innere Erkrankung im Zusammenhang mit der Stromverletzung gefunden werden.

Fall 2

23-jähriger Kraftfahrer wurde am 8.8.1963 stationär aufgenommen. Er hatte sich 1963 im Januar Stromverletzungen des linken Zeigefingers bei der Reparatur eines Bügeleisens (220 V) zugezogen und kam jetzt mit der Diagnose: hochgradige Kontraktur des 2. Fingers links beugeseitig vom Endglied bis zum Grundgelenk.

Der Lokalbefund zeigte einen stark narbig kontrahierten Zeigefinger. Die Beugung war im Grundgelenk voll möglich, Mittel- und Endgelenk waren auch beugbar. Die Streckung in beiden Gelenken ging bis etwa 100°.

Therapie: Durch Z-Plastik konnten die Kontrakturen beseitigt werden, der Finger mußte jedoch zunächst mit einem Kirschnerdraht fixiert werden, der etwa 6 Wochen belassen werden sollte. Postoperativ kam es zu einem komplikationslosen Heilungsverlauf, der Patient konnte nach 14 Tagen nach Hause entlassen werden.

Fall 3

Der 28-jährige Student kam beim Arbeiten an Spannungen von 220 V mit der rechten und linken Hand an die Leitung und zog sich Verbrennungen zu. Er suchte sofort die Hautklinik auf und wurde am folgenden Tag stationär aufgenommen. Der lokale Befund zeigte Verbrennungen der rechten Hand: Daumengrundgelenk, Zeigefingergrundgelenk und Endglied, Ringfinger Mittel- und Grundglied, Kleinfingergrundglied.

Der Patient wurde in der Hautklinik 20 Tage behandelt, entlassen und kam nach weiteren 20 Tagen zur stationären Aufnahme in die Chirurgische Klinik. Es wurde eine konservative Therapie durchgeführt, die weitgehend aus einer lokalen Behandlung mit Penicillin-Tüll bestand. Im Verlauf der Therapie heilten die Wunden weitgehend ab, es bildeten sich reizlose Narben und der Patient konnte nach 20 Tagen nach Hause und in ambulante Weiterbehandlung entlassen werden.

Fall 4

Eine Hausfrau unbekannten Alters wurde am 17.7.1956 bereits tot in die Chirurgische Klinik eingeliefert. Die Patientin hatte im Bad Wäsche gewaschen. In diesem Bad befand sich auch ihr kleiner Sohn. Der Ehemann lag nebenan, er rief nach seiner Frau und bekam keine Antwort. Daraufhin ging er ins Bad und sah seine Frau auf der umgekippten Waschmaschine liegen. Das Wasser war auf den Boden gelaufen. Der Ehemann nahm sofort seinen Sohn ins Nebenzimmer und versuchte, die Frau aus dem Stromkreis zu befreien. Dabei blieb er selbst am Strom hängen und konnte sich nur mit größter Gewalt zusammen mit seiner Frau wegreißen. Nachdem der Ehemann seinen Hausarzt verständigt hatte, machte er künstliche Beatmung. Angeblich sei die Patientin da schon pulslos gewesen. Der Hausarzt, der nach etwa 10 Minuten kam, verabreichte eine intrakardiale Spritze. Als darauf kein Erfolg eintrat, wurde die Patientin in unsere Klinik als Herzstillstand angemeldet.

Hier wusch sich sofort eine Operationsmannschaft. Beim Eintreffen der Verunglückten etwa 2 Stunden nach dem Unfall war alles für eine Thorakotomie bereit. Nach einmaliger Desinfektion mit Jod wurde eine sofortige Thoraxöffnung vorgenommen. Es bestand keinerlei Blutungsneigung mehr. Das Herz lag völlig bewegungslos im Thorax; es waren nicht die geringsten fibrillären Zuckungen feststellbar. Trotzdem wurde sofort eine Herzmassage begonnen, die über eine Stunde fortgesetzt wurde. Es konnten damit aber keine Herzaktionen ausgelöst werden, lediglich einzelne fibrilläre Zuckungen. Auch ein Elektroschock wird ohne jeden Erfolg versucht.

Nach über einer Stunde vergeblicher Herzmassage und nachdem keine Hoffnung auf Wiederbelebung mehr besteht, wird der Thorax schichtweise verschlossen.

Es fanden sich bei der Patientin eine Strommarke am rechten Kleinfingerballen, die zweite Strommarke konnte nicht gefunden werden.

Der Tod der Patientin ist wahrscheinlich schon unmittelbar nach dem Unglück eingetreten. Sie wurde bereits tot aufgenommen, ihre Pupillen waren maximal wiet und reaktionslos.

Fall 5

Der 19-jährige Elektriker hat nach Auskunft der Feuerwehr, die ihn in die Klinik gebracht hat, bei der Reparatur eines Elektroboilers einen heftigen Schlag bekommen (220 V). Der Meister hatte den Verunglückten sofort aus dem Stromkreis gezogen und die Feuerwehr benachrichtigt. Schon auf dem Transport in die Klinik wurde künstlich beatmet und eine externe Herzmassage durchgeführt. Der Patient ist bei der Aufnahme bewußtlos, er hat maximal weite Pupillen, Herztöne sind nicht feststellbar und periphere Pulse kann man nicht tasten. Strommarken sind nicht zu finden.

Der Patient wird sofort intubiert, nach externer Herzmassage werden die Pupillen wieder enger. Ein angefertigtes EKG zeigt Herzkammerflimmern. Externe Schockung bleibt ohne Erfolg, deshalb wird thorakotomiert. Nach Eröffnung des Herzbeutels zeigen sich träge Flimmerbewegungen vorwiegend am linken Herzen. Das rechte Herz befindet sich in einer deutlichen Bewegungsruhe. Nach offener Herzmassage, zweimaliger Anwendung des Wechselstromschockgerätes erfolgt keine Defibrillierung. Einmalige Anwendung eines Gleichstromschockgerätes bringt zunächst schwache, dann stärkere, ordinierte Aktionen. Der Thorax wird verschlossen und der Patient mit dem Engstromgerät beatmet.

Am nächsten Tag wird eine Tracheotomie durchgeführt, dabei kommt es zu einem erneuten, vorübergehenden Herzstillstand. Der Patient ist nach wie vor bewußtlos, die Pupillen sind meist mittelgroß und reagieren gut.

Einen Tag später erneuter Herzstillstand, eine externe Herzmassage bleibt ohne Effekt, deshalb wiederum Thorakotomie. Nach der offenen Herzmassage zeigen sich wieder Aktionen. Die Pupillen werden nicht mehr eng, deshalb wird von weiteren Maßnahmen Abstand genommen. Der Patient kommt ad exitum.

Fall 6

Der 22-jährige Patient sprang auf dem Heimweg vom Oktoberfest von einer Brücke auf ein Bahngeleis. Er war leicht angetrunken und hatte kurz vorher eine Auseinandersetzung mit seiner Braut. Bei diesem Sprung berührte er die Hochspannungsleitung, nach Zeugenaussagen entstand ein etwa 1 Meter langer Funke. Der Patient stürzte dann zwischen die Eisenbahnschienen und wenige Sekunden später fuhr ein Schnellzug über ihn hinweg. Dadurch entstanden keine Verletzungsfolgen, der Patient konnte sich auch später nicht an den über ihn hinweggefahrenen Zug erinnern. Er wurde sofort in die Ambulanz unserer Klinik gebracht. Bei der Aufnahme war er bereits wieder ansprechbar, örtlich, zeitlich und zur Person gut orientiert.

Bei der klinischen Untersuchung fand sich eine Verbrennung III. Grades am rechten Unterschenkel, die die Extremität umfaßte. Außerdem bestanden eine Commotio cerebri, Kopfplatzwunden, eine Trümmerfraktur des 3. LWK mit kompletter Querschnittslähmung, eine Schlüsselbeinfraktur links, eine Fraktur der 12. Rippe links und Abriß von mehreren Querfortsätzen der Wendenwirbelsäule.

Wegen der Querschnittslähmung wurde der Patient am nächsten Tag zur Operation der Trümmerfraktur in die Orthopädische Klinik verlegt.

Fall 7

24-jähriger Patient geriet beim Dachdecken mit dem Kopf an eine Starkstromleitung (15.000 V) und war sofort bewußtlos. Mütze, Kopfhaar und Jacke standen in Flammen. Der Verunglückte war blau im Gesicht, begann aber nach mehrmaligem Schütteln von Arbeitskollegen wieder zu atmen.

20 Minuten nach dem Unfall war der Verletzte ansprechbar, aber zeitlich und örtlich nicht voll orientiert. Über das Unfallereignis bestand eine retrograde Amnesie. Es fanden sich deutliche Strommarken im Bereich des Hinterkopfes. Verbrennungen I. - II. Grades bestanden an beiden oberen Extremitäten sowie im Brustbereich und im Gesicht. Der RR betrug bei Aufnahme 160/90, der Puls 84/min.

Die Urinausscheidung war in 18 Stunden deutlich erniedrigt (700 ccm) und im Urin waren Erythrozyten nachweisbar.

Der Aufnahmebefund der Universitätsklinik,in die der Patient stationär eingewiesen wurde, ergab folgendes Bild: am Hinterkopf befand sich ein etwa 2-markstückgroßer Defekt der Kopfschwarte mit nekrotischem Wundrand. Die Umgebung der Kopfschwarte wies zum Nacken hin Verbrennungen II. Grades auf, die sich weiterhin flächenhaft über den ganzen Nacken und die linke Schulterpartie, auf die Brustwand und auf den linken Ober- und Unterarm bis zur linken Hohlhand ausdehnten. Im Bereich der Ellenbeuge und in der linken Hohlhand waren 5-markstückgroße Verbrennungen III. Grades. Ferner wies der rechte Handrücken radialseitig vom Handgelenk bis zu den Fingermittelgelenken 1 bis 3 eine II. gradige Verbrennung auf mit einem Bezirk III. gradiger Verbrennung von etwa 2-markstückgröße über dem Daumengrundgelenk. Im Bereich der rechten Gesichtshälfte und der rechten Schläfe über die rechte Wange bis zum rechten Ohr reichend

zeigte sich eine Verbrennung I. - II. Grades. Die Diagnose lautete: Verbrennung I. - II. Grades von etwa 9 % der Körperoberfläche.

Unter Verabreichung von Penicillin-Tüll auf die Verbrennungsstellen und üblicher Infusionstherapie kam es rasch zur Abheilung der Verbrennungen. Die Strommarke am Hinterkopf zeigte keinerlei Heilungstendenz. Am 25. Tag nach der Klinikaufnahme wurde der handflächengroße Hautdefekt, der bis zur Schädelkalotte reichte, durch Verschiebelappen gedeckt. Postoperativ kam es zu einer fingerkuppengroßen Dehiszenz, aus der sich eitriges Sekret entleerte. 16 Tage nach der ersten mußte eine zweite plastische Operation durchgeführt werden. Es bildete sich erneut eine stecknadelkopfgroße Dehiszenz mit eitrigem Sekret. Während der stationären Behandlung klagte der Patient über Herzbeschwerden. leichte Schwindelgefühle und über Gehbeschwerden.

Ein EKG wurde nicht angefertigt, die Ausscheidung war normal, die Hb-Werte schwankten zwischen 18,1 und 13,3.

Fall 8

Der 28-jährige Patient wollte einen Heizofen wegtragen, um Sockelleisten zu biegen. Der Ofen stand unter Strom (Starkstrom) und er zog sich Brandwunden im Bereich der linken Hohlhand zu. Bei der Klinikaufnahme zeigten sich an der linken Hohlhand und den Fingern Verbrennungen III. Grades, die er sich vor etwa 3 Wochen zugezogen hatte. Ein ausgedehnter Gewebsdefekt,der etwa 2/3 der Hohlhand erfaßte, zeigte beginnende Granulationen. Sämtliche Finger wiesen ebenfalls volarseitig an Grund-, Mittel- und Endphalangen Gewebsdefekte auf. Auch der Daumen hatte volarseitig Gewebsdefekte.

Mit Handbädern wurden zunächst sämtliche Verbrennungsstellen gesäubert und 13 Tage nach Klinikaufnahme wurden alle Defektstellen mit Thiersch-Hautläppchen zugedeckt. Am 14. postoperativen Tag begannen Bewegungsübungen. Nach weiteren 23 Tagen konnte der Patient nach Hause und in weitere medikomechanische Nachbehandlung entlassen werden.

Fall 9

Der 24-jährige Gastarbeiter war mit Malerarbeiten an einem Hochspannungsmast am Hauptbahnhof München beschäftigt, als er an der Oberleitung mit stromführenden Drähten in Berührung kam (Hochspannung). Durch den erlittenen heftigen Schlag stürzte er ab und wurde nur durch seinen Sicherheitsgurt etwa 1-2 Meter tiefer aufgefangen. Sein Hemd begann sofort zu brennen und es dauerte einige Zeit, bis der Strom abgeschaltet und er befreit werden konnte. Bei der Klinikaufnahme befand sich der Patient im Schockzustand. RR 90/70, Puls 100/min, die Herzaktionen waren regelmäßig und keine pathologischen Geräusche zu hören. Im Gesicht und am Rücken bis zur Gürtellinie fanden sich vollständige Verbrennungen der Haut II. Grades. Am linken Arm, der linken Axillargegend und der linken vorderen Thoraxseite bestanden Verbrennungen III. Grades mit teilweiser Anästhesie der Haut. In diesem Bereich waren auch bei der Aufnahme bis zu kleinhandtellergroße Hautdefekte sichtbar. An der rechten Ferse und am rechten Großzehenballen konnte man zwei pfennigstückgroße Strommarken mit deutlicher Schorfbildung feststellen.

Verlauf: Eine Infusionstherapie mit reichlichem Penicillinzusatz wird durchgeführt. Laufende Elektrolytbestimmungen zeigen nahezu normale Werte. Im Wundbereich grenzten sich die Nekrosen langsam ab. 6 Tage nach Klinikaufnahme hat sich der Allgemeinzustand gebessert, die Infusionstherapie läuft weiter. Am übernächsten Tag kommt es während der plastischen Operation zu einem plötzlichen Herzstillstand, offenbar auf Grund einer akuten Herzinsuffizienz. Trotz langdauernder extrakorporaler Herzmassage und Verabreichung von Herz- und Kreislaufmitteln kommt der Patient zum exitus in tabula.

Sektionsbefund: Ausgedehnte Verbrennungen III. Grades im Bereich der hinteren Axillarlinie und der Interklavikularlinie bis in Höhe der 5. Rippe. Flächenhafte Verbrennung III. Grades vorwiegend auf der Streckseite der distalen Oberarmhälfte und des Unterarmes bis zum Handgelenk. Mehrere linsengroße Verbrennungsbezirke I. und II. Grades der linken Gesichtshälfte, pfenniggroße des linken Handrückens. Bis handtellergroße Verbrennungen I. - II. Grades auf der linken Rückenseite. Etwa zehnpfennigstückgroße Strommarken unter der rechten Ferse und dem linken Großzehenballen. Frischer flächenhafter Defekt der Epidermis nach Entnahme von Thiersch-Hautläppchen an den Streckseiten der Oberschenkel und am Unterbauch.

Blässe der inneren Organe. Trübe Schwellung der Leber (Organgewicht 2087 Gramm). Interstitielle Nephritis und hämoglobinurische Nephrose. Resorptive Schwellung der Milz (Organgewicht 320 Gramm). Muskelkräftiges Herz; mäßige schlaffe Dilatation beider Herzventrikel, mittelgradige, nicht stenosierende Coronarsklerose. Lipomatosis cordis. Mittelgradiges Lungenödem, seröser Pleuraerguß von etwa 200 ml links. Zustand nach Herzmassage, Fraktur des Manubrium sterni und der 5. - 7. Rippe links.

Histologie: Haut: rechte Ferse, linker Großzehenballen ausgedehnte Nekrosen der Haut und des subkutanen Gewebes.
Myokard: Ödem, geringe feinfleckige Herzmuskelverschwielung.
Lunge: Teilatelektasien, geringes Ödem, Hypostase.
Leber: Akute Hyperämie, einzelne umschriebene acinozentrale Leberzellnekrosen.
Nieren: Hämoglobinurische Nephrose. Interstitielle Nephritis, kleines Markkegelfibrom.

Todesursache: akuter Herztod.

Fall 10

Der 24-jährige Schlepperfahrer hatte sich vor 13 Jahren als Elfjähriger beim Spielen auf einem Ruinengrundstück Starkstromverbrennungen zugezogen. Er fiel auf eine nichtisolierte elektrische Leitung und verletzte die rechte Hand und die Digiti III und IV. Damals habe er keinen besonderen Schmerz gefühlt, es sei nur "so heiß gewesen". Der aufgesuchte Arzt habe die Brandblasen entfernt, durch eine Sekundärinfektion sei das Ganze erst nach 2-3 Monaten abgeheilt. Anfänglich sei die Beugekontraktur gar nicht so stark gewesen, sie habe sich erst im Laufe der Jahre durch Narbenzug so entwickelt. Nachdem der Chirurg in Regensburg die Operation abgelehnt hatte, wurde er hierhier in die Klinik eingewiesen. Der Lokalbefund der rechten Hand zeigt sowohl bei Digiti III und IV in Höhe der Mittelphalangen eine helle, horizontale Narbe mit strahlenförmiger Verziehung der umliegenden Haut. Die Sensibilität ist nicht gestört, wohl aber die Funktion eingeschränkt: Es besteht eine ständige Kontraktur, die wohl noch eine Beugung zuläßt, aber nicht mehr die Streckung.

Operationsbericht: Die Narben wurden excidiert und die Hautdefekte mit Dermatomlappen zugedeckt, die vom Unterarm der gleichen Seite entnommen wurden. Der postoperative Heilverlauf war komplikationslos. Die Dermatomlappen heilten reizlos ein. Die Streckfähigkeit der Finger besserte sich deutlich.

Zum Verlauf: Unter einer angelegten Polyäthylen-Folie kam es zu starkem Juckreiz, sie wurde daraufhin durch eine Silberfolie ersetzt, die anstandslos vertragen wurde. Bei der Entlassung war die Streckung des 4. Fingers fast völlig frei, die des 3. Fingers nur noch 1/3 eingeschränkt.

Fall 11

Der 24-jährige Werkzeugmeister erlitt zwei Jahre vor der Klinikaufnahme eine Starkstromverletzung am Zeige- und Mittelfinger der linken Hand und der 1. Zwischenfingerfurche. Die erste ärztliche Behandlung wurde im Kreiskrankenhaus Landshut durchgeführt.

In die Chirurgische Klinik der Universität München kam der Patient etwa 1 Jahr nach dem Unfall. Es wurden drei Korrekturoperationen durchgeführt. Zwischen den beiden ersten lag ein Zwischenraum von einem, zur dritten Operation ein Abstand von 7 Monaten.

Bei der ersten Klinikaufnahme fiel auf, daß der linke Arm atrophisch war.

Fall 12

19-jähriger Patient erlitt bei der Reparatur einer Lampe eine Starkstromverletzung der rechten Hand. Er war 14 Tage lang von seinem Hausarzt mit Brandsalbe behandelt worden, bis er zur Weiterbehandlung in die Chirurgische Universitätsklinik eingeliefert wurde.

Der Lokalbefund ergab eine markstückgroße Nekrose der Beugeseite des Grundgliedes Digit. I, eine gleichgroße Nekrose der Beugeseite des rechten Zeigefingers, eine zehnpfennigstückgroße Nekrose der Streckseite des 2. Mittelhandknochens und eine zehnpfennigstückgroße Nekrose der Beugeseite des Mittelgelenkes von Digit. III. Der radiale Fingernerv des Daumens und ulnare Fingernerv des 3. Fingers der rechten Hand waren zerstört. Die Behandlung bestand in einer Abtragung der Nekrosen und späterer plastischer Deckung der Hautnekrosen. Anschließend erfolgte krankengymnastische Behandlung. Bei der Entlassung nach etwa einem Monat war die Abduktion des Daumens noch behindert; außerdem bestand eine Beugebehinderung des 3. Fingers. Im Verlauf klagte der Patient über Schulter-Arm-Beschwerden. Eine diesbezüglich angefertigte Röntgen-Aufnahme der Wirbelsäule zeigte keinen pathologischen Befund. Eine Röntgen-Aufnahme des rechten Mittelfingers ergab angedeutete Demineralisierung im Bereich der gelenksnahen Gelenksabschnitte. An der volaren Kante des Grundgliedköpfchens zeigten sich kortikale Unschärfen, die zum Ausschluß entzündlicher Veränderungen später kontrolliert werden sollten. Über das Ergebnis liegt keine Notiz vor.

Fall 13

Ein 26 Jahre alter Bauarbeiter arbeitet am Tag der Aufnahme an einem Hochspannungsmast am Hauptbahnhof München. Er war gerade dabei, Leitungen abzuschneiden, als er einen heftigen elektrischen Schlag bekam. Er war danach einige Minuten bewußtlos. Bei der Aufnahme war er gut ansprechbar. Bei der Untersuchung der inneren Organe fiel außer einem gespaltenen zweiten Herzton kein pathologischer Befund auf. Am rechten Unterschenkel und der Zehenstreckseite befand sich eine 15 cm große Verbrennung zweiten Grades, am linken Handgelenk ulnar eine 5 x 5 cm große Verbrennung II. Grades. Am rechten Handgelenk fiel eine Verbrennung I. - II. Grades in Ausdehnung von 7 x 5 cm auf. Neurologisch waren keine Besonderheiten festzustellen.

Verlauf: Eine Infusionstherapie mit reichlich Antibiotika wurde angefangen und über drei Tage fortgeführt. Die Verbrennungswunden wurden lokal mit Penicillinmull abgedeckt. 5 Tage nach Klinikaufnahme zeigte sich eine gute Heilungstendenz. Es werden nur noch Trockenverbände aufgelegt. Eine klinische Untersuchung des Herz- und Kreislaufsystems in der I. Med. Universitätsklinik ergab keine pathologischen Befunde. Der Blutdruck betrug in Ruhe RR 125/75. Das EKG zeigte bei Sinusrhythmus einen beginnenden Linkstyp ohne Störungen des Erregungsablaufes. Insbesondere ergab sich kein Hinweis für eine Rhythmusstörung. Der Patient wurde in ambulante Weiterbehandlung entlassen.

Fall 14

Der 46-jährige Patient wurde beim Legen einer elektrischen Leitung von einem Lichtbogen, der durch Kurzschluß entstanden war, an beiden Händen verbrannt. Er erlitt Starkstromverbrennungen I. und rechts stellenweise II. Grades an beiden Händen. Bei der Klinikaufnahme war er in einem leichten Schockzustand. Der Puls betrug 56/min, der Blutdruck RR 100/60. Die Reflexe waren allgemein etwas verlangsamt, Bauchdecken- und Cremaster-Reflexe waren nicht auslösbar. Lokalbefund: Beide Hände waren bis 10 cm proximal des Handgelenkes schwarz verbrannt, die rechte stärker als die linke. Die Fingernägel waren matt, braunschwarz gefärbt. Die rechte Hand zeigte über der Dorsalfläche der Grundglieder II-V flächenhafte, blasige Hautabhebungen, die sich auch auf die Ulnarseite des II. und Radialseite des III. Fingers ausdehnten. Fünfmarkstückgroße blasige Abhebungen fanden sich an der Volarseite des rechten Unterarmes, proximal vom Handgelenk. Die Finger und Hände waren etwas aufgetrieben und nur schlecht beweglich. Die Wunden waren mit Aluminium-Puder vorbehandelt.

Verlauf: Wegen des Schockzustandes erhielt der Patient 1 ml Lobelin und Effortil, zur Schmerzbekämpfung 0,01 Morphium. Zugleich wurden Periston-Infusionen angelegt. Beide Hände wurden mit Aluminium-Puder und Schutzverbänden versorgt. Zwei Tage später klagte der Patient nur über geringe Beschwerden der Hände. Die Verbände wurden belassen. Der Schockzustand war innerhalb weniger Stunden nach der Kreislauftherapie abgeklungen. Nach weiteren zwei Tagen erster Verbandwechsel. Die Verbrennungen der linken Hand zeigten sich als gering und zum Teil als abgeheilt. Die Blasen der rechten Hand wurden abgetragen und wieder mit Aluminium-Puder-Verband versorgt. Drei Tage später ist die linke Hand fast vollkommen abgeheilt, die Stellen der abgetragenen Blasen zeigten gute Epithelisierung, so daß nur noch ein Lebertran-Schutzverband erforderlich war. Damit konnte er in ambulante Behandlung entlassen werden.

Fall 15 und 16

Über Fall 15 liegen nur folgende Angaben vor: 70jähriger Mann, der infolge von Elektroverbrennungen am rechten Kniegelenk als Spätfolge einen Abszeß hatte. Der Abszeß wurde inzidiert und der Patient nach 17 Tagen stationärer Behandlung entlassen.

Fall 16 ist ein 66jähriger Mann, der rechts oberschenkelamputiert war und als Zustand nach Stromverletzung eine Myositis ossificans et putrida des linken Unterschenkels davongetragen hatte. Es erfolgte eine zweimalige Wundrevision. Postoperativ kam es zu einem Wundabszeß, der dann komplikationslos abheilte.

Weitere Angaben zu diesen beiden Fällen waren nicht mehr auffindbar.

Tabelle 3

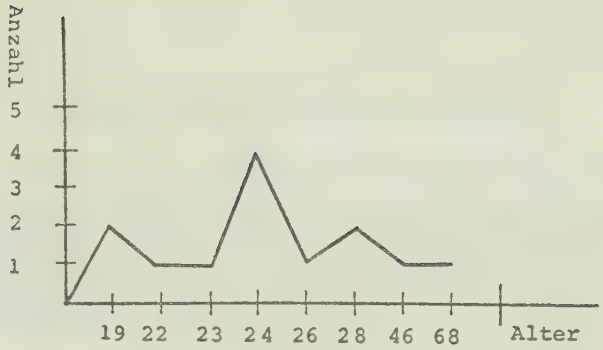

Tabelle 4

Stromart	Strommarken nachweisbar
Hochspannung	3
Starkstrom	2

Tabelle 5

äußere Verletzungen	innere Verletzungen	äußere und innere Verletzungen
6	4	4

Tabelle 6

Fall	Geschlecht	Alter	Stromart	Art der Verletzung
1.	♂	68	220 V	Zerrung d. Schultermusk.
2.	♂	23	220 V	Narbenkontraktur
3.	♂	28	220 V	Verbrennungen der Hand
4.	♀	unb.	380 V ?	Tod durch Herzversagen
5.	♂	19	220 V	Herzstillstand
6.	♂	22	Hochspannung	Verbrennungen III. Grades
7.	♂	24	15 000 V	Verbr. I. - III. Grades
8.	♂	28	Starkstrom	Verbr. III. Grades
9.	♂	24	Hochspannung	Verbr. II. - III. Grades (akuter Herztod)
10.	♂	24	Starkstrom	Narbenkontraktur
11.	♂	24	Starkstrom	Narbenkontraktur
12.	♂	19	Starkstrom	Hautnekrosen
13.	♂	26	Hochspannung	Verbr. I. - II. Grades
14.	♂	46	Starkstrom	Verbr. I. - II. Grades

VII. Z U S A M M E N F A S S U N G

Aufgabe dieser Inaugural-Dissertation war, die Klinik der Stromverletzungen an 16 Fällen der Chirurgischen Universitätsklinik München, Direktor Professor Dr. Dr. R. Zenker, zu untersuchen, die dort in den Jahren 1956 bis 1969 stationär behandelt wurden.

Aus der Geschichte der Elektrifizierung und der damit verbundenen Elektrounfälle geht hervor, daß sich die Zahl der schweren elektrischen Unfälle im Laufe der Zeit vermindert haben. Die Bevölkerung hat gelernt, besser mit der Elektrizität umzugehen, die Geräte wurden technisch vollkommener und die Schutzvorschriften finden verstärkte Anwendung. Trotzdem gibt es in der Bundesrepublik jährlich immer noch etwa 450 tödliche Elektrounfälle.

In der Einleitung wird kurz auf die Elektrizitätslehre, die Elektromedizin und die Elektrophysiologie eingegangen. Für das Zustandekommen eines Elektrounfalles sind sowohl physikalische wie menschliche Faktoren bestimmend. Stromart, Stromstärke, die Einwirkungsdauer, der Stromweg und die Kontaktflächen der Elektroden sind für Stärke und Ausdehnung der Stromverletzungen maßgebend. Dabei kommt der Stromstärke die größte Bedeutung zu. Als Grundlage zur besseren Beurteilung des Unfallgeschehens hat KOEPPEN eine Einteilung in Stromstärkebereiche erarbeitet, die von allen Bearbeitern dieses Themas als Grundlage übernommen wurde. Sie zeigt die entsprechenden klinischen Erscheinungen zu jedem der vier von ihm aufgestellten Stromstärkebereiche.

An menschlichen Unfall-Faktoren machen Nichtbeachtung der Vorschriften, Unachtsamkeit und Leichtsinn, sowie mangelhafte Prüfung der Betriebseinrichtungen allein zwei Drittel der über 1000 Elektrounfälle aus, die die Gewerbeaufsicht Berlin 1956 untersucht hat.

Die häufigsten äußeren Verletzungen sind Verbrennungen, mechanische Verletzungen durch Sturz, Fall oder Schlag und Verletzungen als Folge der strombedingten Muskelkontraktionen.

An inneren Verletzungen stehen Herz- und Kreislaufschäden im Vordergrund, während neurologische Erkrankungen nach Elektrounfällen, Knochenläsionen, Hörstörungen, posttraumatische Syndrome und intrauteriner Fruchttod nach Elektrounfall der Mutter im Schrifttum seltener beschrieben werden. Andere Krankheiten, die mit einem elektrischen Unfall in unmittelbaren Zusammenhang gebracht werden, halten einer kritischen Nachprüfung meist nicht stand.

Die Therapie besteht in schweren Fällen in einer Schockbehandlung, der Reanimation und in der Wundversorgung.

Von den 16 untersuchten Fällen aus den Jahren 1956 bis 1969, die in der Universitätsklinik München stationär behandelt wurden, konnten nur 14 gründlich analysiert werden. Es handelt sich um 6 äußere, 4 innere und 4 gemischte innere und äußere Verletzungen. Die Altersverteilung : Von 19 bis 68 Jahre mit einem Gipfel bei 24 Jahren. Strommarken waren bei 5 Patienten nachweisbar. Eine Patientin wurde bereits tot eingeliefert, bei einem weiteren Patienten kam es

nach zwei Tagen zu einem Herzstillstand. In einem weiteren Fall kam der Patient nach 8 Tagen durch einen akuten Herztod bei einer plastischen Nachoperation zum Exitus letalis. 5 Stromverletzte kamen lediglich zur plastischen Operation in die Klinik. 4 wurden konservativ behandelt, ein Fall, der eine Zerrung der Schultermuskulatur bei einem Stromunfall erlitten hatte, konnte nach gründlicher Untersuchung anschließend wieder entlassen werden. Ein besonders interessanter weiterer Fall hatte sich außer Stromverbrennungen dritten Grades, einer Commotio cerebri und anderen Verletzungen eine Trümmerfraktur eines Lendenwirbelkörpers mit kompletter Querschnittlähmung zugezogen, die eine Weiterverlegung zur operativen Versorgung der Trümmerfraktur in die Orthopädische Universitätsklinik München erforderlich machte.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß erstaunlich wenig stationär behandelte Stromverletzungen in dem genannten Zeitraum anfielen. Art, Verlauf und Spätfolgen der untersuchten Fälle zeigten gegenüber den im Schrifttum vergleichbaren Fällen keine Besonderheiten.

LITERATURVERZEICHNIS

1) ALVENSLEBEN, K.: Dtsch. med. Wschr. 1925, 1009.

\- , - : ETZ 1926, 965.

2) AUDIER, M. und RUF, G. (Marseille): Sem. hop. 32, 1956, 12:666-671.

3) BAADER, E. W. : Handbuch der gesamten Arbeitsmedizin, Urban und Schwarzenberg, Berlin 1961.

4) BAUMANN, E.: Schweiz. med. Wschr. 82 (1952), 154.

5) Bericht über die Fachtagung über Elektrounfälle und damit verbundene Themen. Internationales Arbeitsamt, Genf, Schweiz, 1962, 137 S.

6) BIANCHI, R.: Helv. med. Acta 29, 38 (1962), 29, 101 (1962).

7) BÜRKLE DE LA CAMP, H., SCHWAIGER M.: Handbuch der gesamten Unfallheilkunde, Stuttg. Enke 1963.

8) DÖRDELMANN, P.: Zbl. Gynäk. 79 (1957) 1647.

9) FRANCOIS, R. CH.: Zbl. Arbeitsmed. 19 (1969), S. 378.

10) FREIBERGER, H.: Der elektrische Widerstand des menschlichen Körpers gegen technischen Gleich- und Wechselstrom, Berlin 1934.

11) FRITZE, E. und ROSENKRANZ, A.K.: siehe BÜRKLE DE LA CAMP, II. Band, 3. Aufl.

12) HAUF, R.: Med. Klin. 64 (1969), S. 1414-1417.

13) HIRTH, L.: Med. Klinik 54 (1959), 21:1010.

14) HROZEK, D.: Zbl. Gynäk. 85 (1963) 203-204.

15) JELLINEK, ST.: Wien. med. Wschr. 79, 543 (1929).

16) JENNY, F.: Schweiz. Z. Unfallmed. u. Berufskrankheiten, 37, 313 (1944).

17) KILLINGER, J.: Elektromedizin 1 (1954), 4, 14-16.

18) KITTEL, G.: Z. Laryng. Rhinol. 45 (1966) 384-387.

19) KOEPPEN, S.: siehe BÜRKLE DE LA CAMP, H. SCHWAIGER, I. Band, 3. Aufl.

20) \- , - : siehe BAADER-Handbuch.

21) \- , - : VDI-Zeitschrift, Vol. 100, Nr. 19, 1. Juli 1958: 814-819.

22) KOEPPEN, S.: Chirurg 26 (1955), 8, 354-363.

23) - , - : Med. heute 2 (1954): 74-76.

24) KOEPPEN, S. und Panse, F.: "Klin. Elektropathologie", Stuttgart 1955.

25) KOLAR, J. und R. VRABEC: Fortschr. Röntgenstr. 92, 385 (1960).

26) LA JOIE, R.J.: "Industrial Medicine and Surgery", Miami, Florida/USA, Aug. 1962, Band 31, Nr. 8, 354-359.

27) LEE, W.R.: "Proceedings of the substitution of Electrical Engerneers, London, England, Jan. 1966, Band 113, Nr. 1.

28) LICK, R.F.: Münch. med. Wschr. 112 (1970), 58-60.

29) LIESER, H.: Med. Mschr. 11 (1957), 6:350.

30) LOEW, F. und HERRMANN, H.-D.: siehe BÜRKLE DE LA CAMP, II. Band, 3. Auflage.

31) LOB, A.: siehe BÜRKLE DE LA CAMP, Handbuch, I. Band, 3. Auflage.

32) MARESCH, F.: "Sichere Arbeit", Wien, Österreich, Juli 1962, Band 15, Nr. 3.

33) MONCRIEF, J.A. und PRUITT, B.A.: Charleston, Carolina/USA, Medical University of South Carolina, Postgrad. Med. 48 (1970), No. 3. S.189-194.

34) PALUGYAY, J.: Fortschr. Röntgenstr. 32, 568 (1924).

35) PANSE, F.: Schädigungen des Nervensystems durch technische Elektrizität, Karger 1930.

36) SAILER, R. und MÜLLER, E.: Mschr. Unfallheilk. 12 (1970), 512-516.

37) SCHAEFER, H.: Verhandlungen der Dtsch. Ges. f. Arbeitsschutz, Band 7, Kongreß für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin 1961, Darmstadt, Steinkopff 1962.

38) SCHLOMKA, G.: Dtsch. Ges.-Wes. 8 (1953), 22:659.

39) SICHENEDER, T.: Münch. Med. Wschr. 99 (1957) 26:954.

40) SIEBECK, R.: Die Beurteilung und Behandlung Herzkranker, München-Berlin 1947.

41) - , - : Medizin in Bewegung, Stuttgart 1949.

42) WAGEMANN, W.: Arch. Ohren- usw. Heilk. U.Z. Hals- usw. Heilk., 170 (1957), 5:503.

43) ZEMAN, W.: Handbuch der speziellen Pathologischen Anatomie und Histologie, III. Teil, Berlin-Göttingen-Heidelberg.

44) ZOLLINGER, H.U.: Pathologische Anatomie, Georg Thieme Verl. 1968.

45) ZUBAL, B.: Dtsch. Med. Journ. 6 (1958), 347-349.

Herrn Priv.Doz.Dr.R.Bedacht danke ich für
die freundliche Überlassung des Themas.

IX. L E B E N S L A U F

Am 7. September 1945 wurde ich als Sohn des praktischen Arztes Dr. Peter Dosch und seiner Ehefrau Wilhelma geb. Herold in Piesteritz (Kreis Wittenberg) geboren.

Nach der Volksschule besuchte ich die Lucas-Cranach-Oberschule in Piesteritz. Ein Jahr vor meinem Abitur stellte man bei mir anläßlich einer Röntgen-Reihenuntersuchung eine Lungentuberkulose fest. Daraufhin kam ich in eine Heilstätte mit Sonderschuleinrichtung nach Sülzhayn/Südharz. Dort bestand ich am 4. 6. 1964 das Abitur. Anschließend arbeitete ich ein Jahr als Krankenpfleger an der Hufeland-Klinik in Wittenberg.

Mit dem Wintersemester 1965/66 begann ich das Medizinstudium an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg. Nach dem Wintersemester 1968/69 bestand ich dort die ärztliche Vorprüfung. Im März 1969 flüchtete ich mit meiner Familie in die Bundesrepublik Deutschland.

Meine klinischen Semester belegte ich alle an der Ludwig-Maximilians-Universität München. Am 23. Juni 1972 schloß ich in München das medizinische Staatsexamen mit Erfolg ab.